

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-163099

(43)Date of publication of application : 19.06.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 7/20

G03F 9/00

(21)Application number : 08-332846

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 28.11.1996

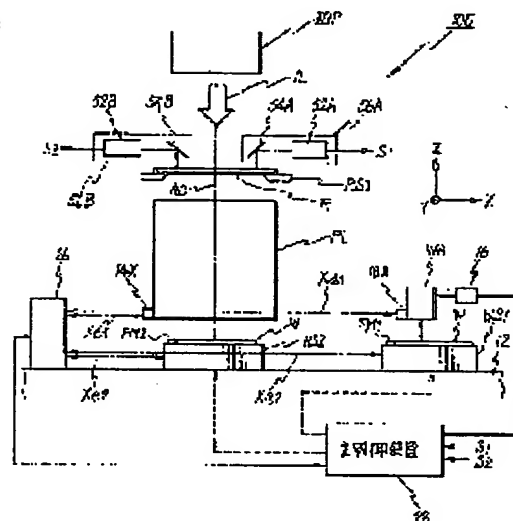
(72)Inventor : OTA KAZUYA

(54) LIGHT-EXPOSURE DEVICE AND LIGHT-EXPOSURE METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a light-exposure method capable of enhancing the throughput and deciding the size of a substrate stage irrespective of a base line amount.

SOLUTION: For example, while a pattern image of a mask R is exposed to lights via a projection optical system PL on a substrate W held by a stage WS2, a location relations between a positioning mark on the substrate W held by a stage WS1 and a reference point on the stage WS1 is measured. After the substrate W held by the stage WS2 is completed being exposed to lights, under a state that a reference point on the stage WS1 is positioned in a projection region of the projection optical system PL, location deviations of the reference point on the stage WS1 with respect to a specific reference point in the projection region and a coordinate location of the stage WS1 at the time of detecting the location deviations are detected. Thereafter, movements of the stage WS1 are controlled based on the detection results, and the substrate W held by the stage WS1 is positioned to the pattern image of the mask R.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.11.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

①

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-163099

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月19日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 L 21/027

G 0 3 F 7/20

9/00

識別記号

5 2 1

F I

H 0 1 L 21/30

G 0 3 F 7/20

9/00

H 0 1 L 21/30

5 1 6 B

5 2 1

H

5 1 5 G

5 2 5 A

審査請求 未請求 請求項の数11 FD (全 17 頁)

(21) 出願番号

特願平8-332846

(22) 出願日

平成 8 年(1996)11月28日

(71) 出願人 000004112.

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号

(72) 発明者 太田 和哉

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株

式会社ニコン内

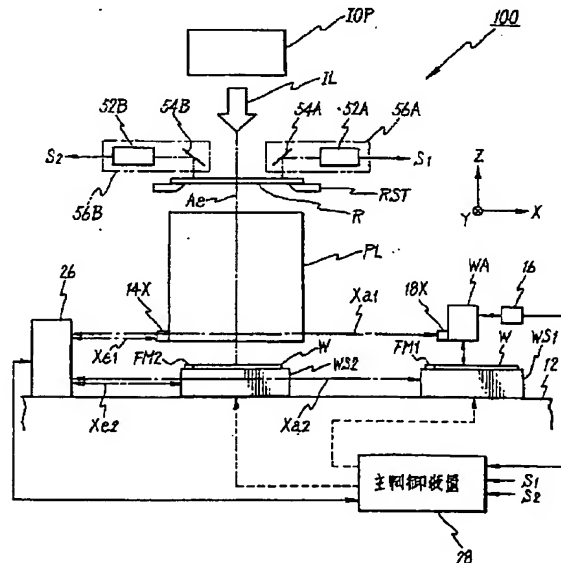
(74) 代理人 弁理士 立石 篤司 (外 1 名)

(54) 【発明の名称】 露光方法及び露光装置

(57) 【要約】

【課題】 スルーブットを向上させることができるとともに、ベースライン量に無関係に基板ステージの大きさを定めることができる露光方法を提供する。

【解決手段】 例えば、ステージWS2に保持された基板W上に投影光学系PLを介してマスクRのパターン像の露光が行われる間に、①ステージWS1に保持された基板W上の位置合わせマークと該ステージWS1上の基準点との位置関係が計測される。そして、ステージWS2に保持された基板Wの露光終了後に、ステージWS1上の基準点を投影光学系PLの投影領域内に位置決めした状態で、②その投影領域内の所定の基準点に対するステージWS1上の基準点の位置ずれ及び③その位置ずれ検出時のステージWS1の座標位置が検出される。その後、①、②、③の検出結果に基づいてステージWS1の移動を制御し、ステージWS1に保持された基板WとマスクRのパターン像との位置合わせが行われる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に露光する露光方法であって、

感応基板を保持して各々同一の平面内を独立に移動可能な2つの基板ステージを用意し、

前記2つの基板ステージの内の一方の基板ステージに保持された感応基板上に前記投影光学系を介して前記マスクのパターン像を露光し、

前記一方の基板ステージに保持された感応基板の露光中に、前記2つの基板ステージの内の他方の基板ステージに保持された感応基板上の位置合わせマークと前記他方のステージ上の基準点との位置関係を計測し、

前記一方の基板ステージに保持された感応基板の露光終了後に、前記他方の基板ステージ上の基準点を前記投影光学系の投影領域内に位置決めした状態で、その投影領域内の所定の基準点に対する前記他方の基板ステージ上の基準点の位置ずれ及び前記他方の基板ステージの座標位置を検出し、

前記検出された位置関係、前記検出された位置ずれ及び前記検出された座標位置に基づいて前記他方の基板ステージの移動を制御し、前記他方のステージに保持された感応基板と前記マスクのパターン像との位置合わせを行うことを特徴とする露光方法。

【請求項2】 投影光学系を介して感応基板上にパターンを露光する露光装置であって、

感応基板を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージと；感応基板を保持して前記第1基板ステージと同一平面内を前記第1基板ステージとは独立に移動可能な第2基板ステージと；前記投影光学系とは別に設けられ、前記基板ステージ上又は該ステージに保持された感応基板上のマークを検出するためのアライメント系と；前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの2次元位置をそれぞれ計測するための干渉計システムと；前記2つの基板ステージのそれぞれを、該ステージ上に保持された感応基板に対して前記投影光学系を介して露光が行われる露光時のステージ移動範囲内の所定の第1位置と、前記アライメント系によりステージ上又は該ステージに保持された感応基板上のマーク検出が行われるアライメント時のステージ移動範囲内の所定の第2位置との間で移動させる移動手段と；前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の一方のステージに保持された感応基板が露光される間に、前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の他方のステージ上で前記アライメント系によるマーク検出動作が行われるように、前記干渉計システムの計測値をモニタしつつ、前記2つのステージの動作を制御した後に、前記移動手段を制御して前記一方の基板ステージと他方の基板ステージの位置を入れ替える制御手段とを有する露光装置。

【請求項3】 前記干渉計システムは、前記投影光学系

10

20

30

40

50

の投影中心で相互に垂直に交差する第1測長軸及び第2測長軸と、前記アライメント系の検出中心で相互に垂直に交差する第3測長軸及び第4測長軸とを備え、

前記制御手段は、前記一方と他方のステージの位置を入れ替える際に、前記干渉計システムの測長軸をリセットすることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項4】 投影光学系を介して感応基板上にパターンを露光する露光装置であって、

感応基板を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージと；感応基板を保持して前記第1基板ステージと同一平面内を前記第1基板ステージとは独立に移動可能な第2基板ステージと；前記投影光学系とは別に設けられ、前記基板ステージ上又は該ステージに保持された感応基板上のマークを検出するためのアライメント系と；前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの2次元位置をそれぞれ計測するための干渉計システムと；前記2つの基板ステージのそれぞれを、ステージ上に保持された感応基板に対して前記投影光学系を介して露光が行われる露光時のステージ移動範囲内の所定の第1位置と、前記アライメント系によりステージ上又は該ステージに保持された感応基板上のマーク検出が行われるアライメント時のステージ移動範囲内の所定の第2位置と、基板ステージと外部の基板搬送機構との間で感応基板の受け渡しが行われる第3位置の3地点間で移動させる移動手段と；前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の一方のステージの位置が前記干渉計システムにより管理され、該一方のステージに保持された感応基板に前記投影光学系を介してパターンが露光される間に、前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の他方のステージ上で感応基板の交換及び前記感応基板上のアライメントマークと前記他方のステージ上の基準点との位置関係を前記アライメント系の検出結果と前記干渉計システムの計測値とに基づいて計測するアライメント動作が順次行われるように前記2つの基板ステージ及び前記移動手段を制御するとともに、前記2つのステージの動作がともに終了した後に、前記2つのステージ上で行われる動作が入れ替わるように、前記2つのステージと前記移動手段とを制御する制御手段とを有する露光装置。

【請求項5】 パターンが形成されたマスクを更に有し、

前記マスクに形成されたパターンの像が投影光学系を介して前記第1基板ステージ及び第2基板ステージ上の感応基板に投影露光されることを特徴とする請求項4に記載の露光装置。

【請求項6】 前記干渉計システムは、前記投影光学系の投影中心で相互に垂直に交差する第1測長軸及び第2測長軸と、前記アライメント系の検出中心で相互に垂直に交差する第3測長軸及び第4測長軸とを備え、

前記制御手段は、前記2つのステージのそれぞれについ

て、前記第1位置への移動の際に前記干渉計システムの第1及び第2測長軸をリセットし、前記第2位置へ移動の際に前記干渉計システムの第3及び第4測長軸をリセットすることを特徴とする請求項5に記載の露光装置。

【請求項7】 前記マスクのパターン像の投影中心と前記ステージ上の基準点との相対位置関係を前記マスクと前記投影光学系を介して検出するマーク位置検出手段を更に有することを特徴とする請求項6に記載の露光装置。

【請求項8】 前記各基板ステージが、ステージ本体と、この本体上に着脱自在に搭載され基板を保持する基板保持部材とを有し、該基板保持部材の側面には干渉計用反射面が設けられ且つ前記基板保持部材の上面には前記基準点として基準マークが形成され、前記移動手段が、前記基板ステージの代わりに前記基板保持部材を前記各地点間で移動させることを特徴とする請求項2ないし7のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項9】 前記移動手段は、ロボットアームによって構成されていることを特徴とする請求項2ないし8のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項10】 前記投影光学系、前記アライメント系には、それぞれ干渉計による測長の基準となる固定鏡が取り付けられていることを特徴とする請求項2ないし9のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項11】 前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの他に、感応基板を保持して前記2つの基板ステージと同一平面内をこれらのステージとは独立に移動可能な少なくとも1つの別の基板ステージを更に有することを特徴とする請求項2ないし10のいずれか一項に記載の露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、露光方法及び露光装置に係り、更に詳しくは、半導体素子や液晶表示素子等をリソグラフィ工程で製造する際に用いられるマスクパターンを投影光学系を介して感応基板上に露光する露光方法及び露光装置、あるいは半導体素子、半導体素子製造用マスク等の製造のため、レーザ光、電子線その他の荷電粒子線等で感応基板上にパターンを直接描画する描画装置等の露光装置に関する。本発明は、感応基板を保持する基板ステージを複数有する点に特徴を有するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する場合に、種々の露光装置が使用されているが、現在では、フォトマスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）のパターン像を、投影光学系を介して表面にフォトリソグロ等の感光材が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板（以下、適宜「感応基板」又は「ウエハ」と称する）

上に転写する投影露光装置が一般的に使用されている。近年では、この投影露光装置として、感応基板を2次元的に移動自在な基板ステージ上に載置し、この基板ステージにより感応基板を歩進（ステッピング）させて、レチクルのパターン像を感応基板上の各ショット領域に順次露光する動作を繰り返す、所謂ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置（いわゆるステッパー）が主流となっている。

【0003】最近になって、このステッパー等の静止型露光装置に改良を加えた、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置（例えば特開平7-176468号公報に記載された様な走査型露光装置）も比較的多く用いられるようになってきた。このステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置は、①ステッパーに比べると大フィールドをより小さな光学系で露光できるため、投影光学系の製造が容易であるとともに、大フィールド露光によるショット数の減少により高スループットが期待出来る、②投影光学系に対してレチクル及びウエハを相対走査することで平均化効果があり、ディストーションや焦点深度の向上が期待出来る等のメリットがある。

【0004】この種の投影露光装置においては、露光に先立ってレチクルとウエハとの位置合わせ（アライメント）を高精度に行う必要がある。このアライメントを行うために、ウエハ上には以前のフォトリソグラフィ工程で形成（露光転写）された位置検出用マーク（アライメントマーク）が設けられており、このアライメントマークの位置を検出することで、ウエハ（又はウエハ上の回路パターン）の正確な位置を検出することができる。

【0005】アライメントマークを検出するアライメント顕微鏡としては、大別して投影レンズを介してマーク検出を行なうオンアクシス方式と、投影レンズを介さずマーク検出を行なうオフアクシス方式のものがあるが、今後の主流になるであろうエキシマレーザ光源を用いる投影露光装置では、オフアクシス方式のアライメント顕微鏡が最適である。これは、投影レンズは露光光に対して色収差の補正がなされているので、オンアクシスの場合、アライメント光が集光できないか、集光できたとしても色収差による誤差が非常に大きなものとなるのに対し、オフアクシス方式のアライメント顕微鏡は、投影レンズとは別に設けられていることから、このような色収差を考慮することなく、自由な光学設計が可能であること、及び種々のアライメント系が使用できるからである。例えば、位相差顕微鏡や微分干渉顕微鏡等も使用できる。

【0006】ところで、この種の投影露光装置における処理の流れは、大要次のようになっている。

【0007】① まず、ウエハローダを使ってウエハをウエハテーブル上にロードするウエハロード工程が行なわれ、次いでウエハ外形を基準とする等によりいわゆるサーチアライメントが行なわれる。

【0008】② 次に、ウエハ上の各ショット領域の位置を正確に求めるファインアライメント工程が行なわれる。このファインアライメント工程は、一般にEGA（エンハンスド・グローバル・アライメント）方式が用いられ、この方式は、ウエハ内の複数のサンプルショットを選択しておき、当該サンプルショットに付設されたアライメントマーク（ウエハマーク）の位置を順次計測し、この計測結果とショット配列の設計値とに基づいて、いわゆる最小自乗法等による統計演算を行なって、ウエハ上の全ショット配列データを求めるものであり（特開昭61-44429号公報等参照）、高スループットで各ショット領域の座標位置を比較的高精度に求めることができる。

【0009】③ 次に、上述したEGA方式等により求めた各ショット領域の座標位置と予め計測したベースライン量とに基づいて露光位置にウエハ上の各ショット領域を順次位置決めしつつ、投影光学系を介してレチクルのパターン像をウエハ上に転写する露光工程が行なわれる。

【0010】④ 次に、露光処理されたウエハテーブル上のウエハをウエハアンローダを使ってアンロードさせるウエハアンロード工程が行なわれる。このウエハアンロード工程は、上記①のウエハロード工程と同時に進行される。すなわち、①と④とによってウエハ交換工程が構成される。

【0011】このように、従来の投影露光装置では、ウエハ交換（サーチアライメントを含む）→ファインアライメント→露光→ウエハ交換……のように、大きく3つの動作が1つのウエハステージを用いて繰り返し行なわれている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】上述した投影露光装置は、主として半導体素子等の量産機として使用されるものであることから、一定時間内にどれだけの枚数のウエハを露光処理できるかという処理能力、すなわちスループットを向上させることが必然的に要請される。

【0013】これに関し、現状の投影露光装置では、上述した3つの動作がシーケンシャルに行われることから、スループット向上のためには、各動作に要する時間を短縮する必要があるが、ウエハ交換（サーチアライメントを含む）は、ウエハ1枚に対して一動作が行なわれるだけであるから改善の効果は比較的小さい。また、ファインアライメントに要する時間は、上述したEGA方式を用いる際にショットのサンプリング数を少なくしたり、ショット単体の計測時間を短縮することにより、短縮することができるが、これらのことは、却ってアライメント精度を劣化させることになるため、安易にファインアライメントに要する時間を短縮することはできない。

【0014】従って、結論的には、露光に要する時間を

短縮することがスループット向上のためには、最も効果的であるということになるが、この露光動作には、ステッパーの場合、純粋なウエハ露光時間とショット間のステッピング時間とを含んでおり、ウエハ露光時間の短縮には光源の光量が大きいことが必須となるが、この種の投影露光装置では上記スループット面の他に、重要な条件として、①解像度、②焦点深度（DOF：Depth of Focus）、③線幅制御精度等があり、解像度Rは、露光波長を λ とし、投影レンズの開口数をN.A.（Numerical Aperture）とすると、 $\lambda/N.A.$ に比例し、焦点深度DOFは $\lambda/(N.A.)^2$ に比例する。このため、光源としては波長の短いものであることも必要であり、従来用いられていた超高圧水銀ランプの輝線（g線、i線）等にはパワーが大きく、短波長であるという両方の要件を満たすものとして先に述べたエキシマレーザが今後の主流になると言われ、これより波長が短く、光量が大きく、露光装置の光源として適切な光源は、現段階では考えられていない。従って、光源としてエキシマレーザを用いる場合以上のスループットの向上はあまり期待できず、光源の工夫によるスループットの向上にも限界がある。

【0015】一方、ショット間のステッピング時間の短縮のためには、ウエハを保持するステージの最高速度、最高加速度を向上させる必要があるが、最高速度、最高加速度の向上はステージの位置決め精度の劣化を招きやすいという不都合があった。この他、ステップ・アンド・スキャン方式のような走査型投影露光装置の場合は、レチクルとウエハの相対走査速度を上げることによりウエハの露光時間の短縮が可能であるが、相対走査速度の向上は同期精度の劣化を招き易いので、安易に走査速度を上げることができない。従って、ステージの制御性を向上させることが必要となる。

【0016】しかしながら、特に今後主流になるであろうエキシマレーザ光源を用いる投影露光装置のようにオフアクシスアライメント顕微鏡を用いる装置では、ステージの制御性を向上させることは、容易ではない。すなわち、この種の投影露光装置では、投影光学系を介してのマスクパターン露光時と、アライメント時との両方でウエハステージの位置をアッペ誤差なく正確に管理し、高精度な重ね合わせを実現するためには、レーザ干渉計の測長軸が投影光学系の投影中心とアライメント顕微鏡の検出中心とをそれぞれ通るように設定する必要があるが、しかも露光時のステージの移動範囲内とアライメント時のステージの移動範囲内との両方で前記投影光学系の投影中心を通る測長軸とアライメント顕微鏡の検出中心を通る測長軸とが共に切れないようにする必要があるため、ステージが必然的に大型化するからである。

【0017】以上より、前述した3つの動作の個々の動作に要する時間を短縮するという手法では、何らのデメリットなくスループットを向上させることは困難であ

り、これとは別の手法によりスループットを向上させる新技術の出現が期待されていた。

【0018】本発明は、かかる事情の下になされたもので、請求項1に記載の発明の目的は、スループットを向上させることができるとともに、ベースライン量に無関係に基板ステージの大きさを定めることができる露光方法を提供することにある。

【0019】また、請求項2ないし11に記載の発明の目的は、スループットを向上させることができる露光装置を提供することにある。

【0020】

【課題を解決するための手段】前述した3つの動作、すなわちウエハ交換（サーチアライメントを含む）、ファインアライメント、及び露光動作の内の複数動作同士を部分的にでも同時並行的に処理できれば、これらの動作をシーケンシャルに行なう場合に比べて、スループットを向上させることができると考えられる。本発明は、かかる観点に着目してなされたもので、以下のような方法及び構成を採用する。すなわち、請求項1に記載の発明は、マスク（R）に形成されたパターンの像を投影光学系（PL）を介して感応基板（W）上に露光する露光方法であって、感応基板（W）を保持して各々同一の平面内を独立に移動可能な2つの基板ステージ（WS1、WS2）を用意し；前記2つの基板ステージ（WS1、WS2）の内の一方の基板ステージ（WS1又はWS2）に保持された感応基板（W）上に前記投影光学系（PL）を介して前記マスク（R）のパターン像を露光し；前記一方の基板ステージ（WS1又はWS2）に保持された感応基板（W）の露光中に、前記2つの基板ステージの内の他方の基板ステージ（WS2又はWS1）に保持された感応基板（W）上の位置合わせマークと前記他方のステージ（WS2又はWS1）上の基準点との位置関係を計測し；前記一方の基板ステージに保持された感応基板の露光終了後に、前記他方の基板ステージ上の基準点を前記投影光学系（PL）の投影領域内に位置決めした状態で、その投影領域内の所定の基準点に対する前記他方の基板ステージ上の基準点の位置ずれ及び前記他方の基板ステージの座標位置を検出し；前記検出された位置関係、前記検出された位置ずれ及び前記検出された座標位置に基づいて前記他方の基板ステージの移動を制御し、前記他方のステージに保持された感応基板と前記マスクのパターン像との位置合わせを行うことを特徴とする。

【0021】これによれば、2つの基板ステージ（WS1、WS2）の内の一方の基板ステージ（WS1又はWS2）に保持された感応基板（W）上に前記投影光学系（PL）を介して前記マスク（R）のパターン像の露光が行われる間に、①2つの基板ステージの内の他方の基板ステージ（WS2又はWS1）に保持された感応基板（W）上の位置合わせマークと他方のステージ（WS2

又はWS1）上の基準点との位置関係が計測される。このように、一方の基板ステージ側の露光動作と他方の基板ステージ側のアライメント動作（他方の基板ステージに保持された感応基板上の位置合わせマークと他方のステージ上の基準点との位置関係の計測）とを並行して行なうことができるので、これらの動作をシーケンシャルに行なっていた従来技術に比べてスループットの向上を図ることが可能である。

【0022】そして、上記の一方の基板ステージに保持された感応基板の露光終了後に、前記他方の基板ステージ（WS2又はWS1）上の基準点を投影光学系（PL）の投影領域内に位置決めした状態で、②その投影領域内の所定の基準点に対する他方の基板ステージ上の基準点の位置ずれ及び③その位置ずれ検出時の他方の基板ステージの座標位置が検出される。その後、①検出された位置関係、②検出された位置ずれ及び③検出された座標位置に基づいて他方の基板ステージ（WS2又はWS1）の移動を制御し、他方のステージに保持された感応基板と前記マスクのパターン像との位置合わせが行われる。

【0023】このため、①の他方の基板ステージ上の所定の基準点と感応基板上の位置合わせマークとの位置関係検出時に当該基板ステージの位置を管理する干渉計（あるいは座標系）と、②、③の位置ずれ検出及び基板ステージの座標位置の検出の際のステージの位置を管理する干渉計（あるいは座標系）とが同一でも異なっても何らの不都合なく、マスクのパターン像と前記他方の基板ステージに搭載された感応基板との位置合わせを高精度に行なうことができる。

【0024】従って、例えば位置合わせマークを検出するマーク検出系としてオフアキシスのアライメント系を用いる場合、投影光学系の投影領域内の所定の基準点（マスクのパターン像の投影中心）とアライメント系の検出中心との位置関係、すなわちベースライン量の計測が不要となり、結果的に投影光学系とアライメント系とが大きく離れていても何らの不都合がないので、ベースライン量に無関係に基板ステージの大きさを設定することができ、基板ステージを小型・軽量化しても何らの不都合なく、感応基板の全面に対してマーク位置計測、投影光学系を介したパターンの露光を行なうことができる。この場合、ベースライン量の変動の影響を受けない。

【0025】請求項2に記載の発明は、投影光学系（PL）を介して感応基板（W）上にパターンを露光する露光装置であって、感応基板（W）を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージ（WS1）と；感応基板（W）を保持して前記第1基板ステージ（WS1）と同一平面内を前記第1基板ステージ（WS1）とは独立に移動可能な第2基板ステージ（WS2）と；前記投影光学系（PL）とは別に設けられ、前記基板ステージ

(WS1、WS2)上又は該ステージに保持された感応基板(W)上のマークを検出するためのアライメント系(WA)と;前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの2次元位置をそれぞれ計測するための干渉計システム(26)と;前記2つの基板ステージのそれぞれを、該ステージ上に保持された感応基板に対して前記投影光学系を介して露光が行われる露光時のステージ移動範囲内の所定の第1位置と、前記アライメント系によりステージ上又は該ステージに保持された感応基板上のマーク検出が行われるアライメント時のステージ移動範囲内の所定の第2位置との間で移動させる移動手段(20、22)と;第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の一方のステージに保持された感応基板が露光される間に、前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の他方のステージ上で前記アライメント系(WA)によるマーク検出動作が行われるように、前記干渉計システム(26)の計測値をモニタしつつ、前記2つのステージの動作を制御した後に、前記移動手段(20、22)を制御して前記一方の基板ステージと他方の基板ステージの位置を入れ替える制御手段(28)とを有する。

【0026】これによれば、制御手段(28)により、一方のステージに保持された感応基板が露光される間に、他方のステージ上でアライメント系(WA)によるマーク検出動作が行われるように、干渉計システム(26)の計測値をモニタしつつ、2つのステージの動作を制御された後に、移動手段(20、22)が制御され、一方の基板ステージと他方の基板ステージの位置の入れ替えが行われる。このため、一方の基板ステージ側の露光動作と他方のステージ側のアライメント動作との並行処理により、スループットの向上が可能であるとともに、位置の入れ替え後に第2位置にある基板ステージ上で感応基板の交換を行なうようにすれば、両ステージの動作を入れ替えて、他方のステージに保持された感応基板が露光される間に、一方のステージ上でアライメント系(WA)によるマーク検出動作を並行して行なうことが可能になる。

【0027】請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の露光装置において、前記干渉計システム(26)は、前記投影光学系(PL)の投影中心で相互に垂直に交差する第1測長軸(Xe)及び第2測長軸(Ye)と、前記アライメント系(WA)の検出中心で相互に垂直に交差する第3測長軸(Xa)及び第4測長軸(Ya)とを備え、前記制御手段(28)は、前記一方と他方のステージの位置を入れ替える際に、前記干渉計システム(26)の測長軸(Xe、Ye、Xa、Ya)をリセットすることを特徴とする。

【0028】これによれば、干渉計システム(26)が、投影光学系(PL)の投影中心で相互に垂直に交差する第1測長軸(Xe)及び第2測長軸(Ye)と、アライメント系(WA)の検出中心で相互に垂直に交差す

る第3測長軸(Xa)及び第4測長軸(Ya)とを備えていることから、投影光学系を介しての感応基板上へのパターンの露光時及びアライメント系による位置検出マークの検出時のいずれのときにおいても、アップの誤差なく基板ステージ(WS1、WS2)の位置を正確に管理することができる。また、制御手段(28)が、一方と他方のステージの位置を入れ替える際に、干渉計システム(26)の測長軸(Xe、Ye、Xa、Ya)をリセットすることから、位置の入れ替えの際に、それまでそれぞれの基板ステージの位置を管理していた干渉計システムの測長軸が一旦切れても、干渉計システム(26)の測長軸(Xe、Ye、Xa、Ya)をリセットする位置を予め所定の位置に定めておけば、リセット後は、そのリセットされた測長軸の計測値を用いて第1、第2の基板ステージの位置を管理することが可能になる。

【0029】請求項4に記載の発明は、投影光学系(PL)を介して感応基板(W)上にパターンを露光する露光装置であって、感応基板(W)を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージ(WS1)と;感応基板(W)を保持して前記第1基板ステージ(WS1)と同一平面内を前記第1基板ステージとは独立に移動可能な第2基板ステージ(WS2)と;前記投影光学系(PL)とは別に設けられ、前記基板ステージ上又は該ステージに保持された感応基板上のマークを検出するためのアライメント系(WA)と;前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの2次元位置をそれぞれ計測するための干渉計システム(26)と;前記2つの基板ステージのそれぞれを、ステージ上に保持された感応基板(W)に対して前記投影光学系(PL)を介して露光が行われる露光時のステージ移動範囲内の所定の第1位置と、前記アライメント系(WA)によりステージ上又は該ステージに保持された感応基板上のマーク検出が行われるアライメント時のステージ移動範囲内の所定の第2位置と、基板ステージと外部の基板搬送機構との間で感応基板の受け渡しが行われる第3位置の3地点間で移動させる移動手段(20、22)と;第1基板ステージ(WS1)及び第2基板ステージ(WS2)の内の一方のステージの位置が前記干渉計システム(26)により管理され、該一方のステージに保持された感応基板(W)に前記投影光学系(PL)を介してパターンが露光される間に、前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の他方のステージ上で感応基板(W)の交換及び前記感応基板(W)上のアライメントマークと前記他方のステージ上の基準点との位置関係を前記アライメント系(WA)の検出結果と前記干渉計システム(26)の計測値とに基づいて計測するアライメント動作が順次行われるように前記2つの基板ステージ(WS1、WS2)及び前記移動手段(20、22)を制御するとともに、前記2つのステージの動作がともに終了した後に、前記2つ

のステージ上で行われる動作が入れ替わるように、前記2つのステージと前記移動手段とを制御する制御手段(28)とを有する。

【0030】これによれば、制御手段により、一方の基板ステージの位置が干渉計システムにより管理され、該一方の基板ステージに保持された感応基板に投影光学系を介してパターンが露光される間に、他方の基板ステージ上で感応基板(W)の交換及びその交換後の感応基板(W)上のアライメントマークと他方のステージ上の基準点との位置関係をアライメント系(WA)の検出結果と干渉計システム(26)の計測値とに基づいて計測するアライメント動作が順次行われるように2つの基板ステージ(WS1, WS2)及び移動手段(20, 22)が制御される。このため、一方の基板ステージ側の露光動作と他方のステージ側の感応基板の交換及びアライメント動作との並行処理により、スループットのより一層の向上が可能である。この場合、第1位置、第2位置とは異なる第3位置で感応基板の交換が行われるので、この交換をアライメント系、投影光学系とは別の位置で行なうことができ、アライメント系、投影光学系が感応基板の交換の妨げになるという不都合もない。

【0031】また、制御手段では、2つのステージの動作がともに終了した後に、2つのステージ上で行われる動作が入れ替わるように、2つのステージと移動手段とを制御することから、上記の2つのステージの動作終了後に、これに続いて、他方のステージに保持された感応基板が露光される間に、一方のステージ上でアライメント系(WA)によるマーク検出動作を並行して行なうことが可能になる。

【0032】この場合において、投影光学系として例えば電子鏡筒を用い、感応基板上に電子ビームによりパターンを直接描画しても良いが、請求項5に記載の発明の如く、パターンが形成されたマスク(R)を更に設け、前記マスク(R)に形成されたパターンの像が投影光学系(PL)を介して前記第1基板ステージ(WS1)及び第2基板ステージ(WS2)上の感応基板(W)に投影露光されるようにしても良い。

【0033】請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の露光装置において、前記干渉計システム(26)は、前記投影光学系(PL)の投影中心で相互に垂直に交差する第1測長軸(Xe)及び第2測長軸(Ye)と、前記アライメント系(WA)の検出中心で相互に垂直に交差する第3測長軸(Xa)及び第4測長軸(Ya)とを備え、前記制御手段(28)は、前記2つのステージ(WS1, WS2)のそれぞれについて、前記第1位置への移動の際に前記干渉計システム(26)の第1及び第2測長軸(Xe及びYe)をリセットし、前記第2位置への移動の際に前記干渉計システム(26)の第3及び第4測長軸(Xa及びYa)をリセットすることを特徴とする。

【0034】これによれば、干渉計システム(26)が、投影光学系(PL)の投影中心で相互に垂直に交差する第1測長軸(Xe)及び第2測長軸(Ye)と、アライメント系(WA)の検出中心で相互に垂直に交差する第3測長軸(Xa)及び第4測長軸(Ya)とを備えていることから、投影光学系を介しての感応基板上へのパターンの露光時及びアライメント系による位置検出マークの検出時のいずれのときにおいても、アップの誤差なく基板ステージ(WS1, WS2)の位置を正確に管理することができる。また、制御手段(28)が、2つのステージ(WS1, WS2)のそれぞれについて、第1位置への移動の際に干渉計システム(26)の第1及び第2測長軸(Xe及びYe)をリセットし、第2位置への移動の際に干渉計システム(26)の第3及び第4測長軸(Xa及びYa)をリセットすることから、いずれの基板ステージについても露光開始前、アライメント計測開始前にそれぞれの動作で必要とされる測長軸をリセットすることができ、それまでそれぞれの基板ステージの位置を管理していた干渉計システムの測長軸が一旦切れても、リセット後は、そのリセットされた測長軸の計測値を用いて露光時、アライメント時の両ステージの位置を管理することが可能になる。

【0035】この場合において、請求項7に記載の発明の如く、前記マスク(R)のパターン像の投影中心と前記ステージ上の基準点との相対位置関係を前記マスク(R)と前記投影光学系(PL)を介して検出するマーク位置検出手段(52A, 52B)を更に有することが望ましい。かかる場合には、投影光学系(PL)の投影領域内で基板ステージ(18)上の所定の基準点とマスクパターン像の投影中心との位置関係が検出可能となる位置に基板ステージ(WS1, WS2)を位置決めした際に、マーク位置検出手段(52A, 52B)によりマスク(R)のパターン像の投影中心と基板ステージ上の基準点との位置関係をマスク(R)と投影光学系(PL)とを介して検出することができる。かかる場合には、投影光学系(PL)の投影領域内で基板ステージ(18)上の所定の基準点とマスクパターン像の投影中心との位置関係が検出可能となる位置を第1位置として定め、この位置で第1、第2測長軸のリセットをも行なうようにすることが望ましい。

【0036】上記各発明において、請求項8に記載の発明の如く、前記各基板ステージ(WS1, WS2)が、ステージ本体(WS1a, WS2a)と、この本体(WS1a, WS2a)上に着脱自在に搭載され基板を保持する基板保持部材(WS1b, WS2b)とを有し、該基板保持部材(WS1b, WS2b)の側面には干渉計用反射面が設けられ且つ前記基板保持部材の上面には前記基準点として基準マーク(WM, RM)が形成されている場合には、前記移動手段(20, 22)が、前記基板ステージの代わりに前記基板保持部材を前記各地点間

で移動させるようにしても良い。

【0037】また、これらの場合において移動手段としては、第1位置、第2位置及び第3位置の3地点間（又は第1位置と第2位置との間）で、干渉計測値をモニタ用いることなく基板ステージ又は基板保持部材を移動させるものであればどのようなものを用いても良く、例えば請求項9に記載の発明の如く、移動手段がロボットアーム（20、22）によって構成されていても良い。

【0038】また、上記各発明において、干渉計システムの測長の基準となる固定鏡は、どこに配置しても良いが、請求項10に記載の発明の如く、前記投影光学系（PL）、前記アライメント系（WA）に、それぞれ干渉計による測長の基準となる固定鏡（14X、14Y、18X、18Y）を取り付けても良い。この場合には、固定鏡が他の場所にある場合に比べて、経時的な固定鏡の位置変動や装置の振動に起因する固定鏡の位置変動の影響により測長結果に誤差が生じにくい。

【0039】上記各発明では、第1基板ステージと第2基板ステージの2つのみが設けられていたが、請求項11に記載の発明の如く、前記第1基板ステージ（WS1）及び第2基板ステージ（WS2）の他に、感応基板を保持して前記2つの基板ステージと同一平面内をこれらのステージとは独立に移動可能な少なくとも1つの別の基板ステージを更に設けても良い。

【0040】

【発明の実施の形態】

《第1の実施形態》以下、本発明の第1の実施形態を図1ないし図4に基づいて説明する。

【0041】図1には、第1の実施形態に係る露光装置100の構成が示されている。この露光装置100は、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型露光装置（いわゆるステッパー）である。

【0042】この投影露光装置100は、照明系IOPと、マスクとしてのレチクルRを保持するレチクルステージRST、レチクルRに形成されたパターンの像を感応基板としてのウエハW上に投影する投影光学系PL、ウエハWを保持してベース12上をXY2次方向に移動可能な第1基板ステージとしてのウエハステージWS1及びウエハWを保持してベース12上をウエハステージWS1とは独立にXY2次元方向に移動可能な第2基板ステージとしてのウエハステージWS2、2つのウエハステージWS1、WS2のそれぞれの位置を計測する干渉計システム26と、CPU、ROM、RAM、I/Oインターフェース等を含んで構成されるミニコンピュータ（又はマイクロコンピュータ）から成り装置全体を統括制御する制御手段としての主制御装置28等を備えている。

【0043】前記照明系IOPは、光源（水銀ランプ又はエキシマレーザ等）と、フライアイレンズ、リレーレンズ、コンデンサレンズ等から成る照明光学系とから構

成されている。この照明系IOPは、光源からの露光用の照明光ILによってレチクルRの下面（パターン形成面）のパターンを均一な照度分布で照明する。ここで、露光用照明光ILとしては、水銀ランプのi線等の輝線、又はKrF、ArF等のエキシマレーザ光等が用いられる。

【0044】レチクルステージRST上には不図示の固定手段を介してレチクルRが固定されており、このレチクルステージRSTは、不図示の駆動系によってX軸方向（図1における紙面直交方向）、Y軸方向（図1における紙面左右方向）及びθ方向（XY面内の回転方向）に微小駆動可能とされている。これにより、このレチクルステージRSTは、レチクルRのパターンの中心（レチクルセンタ）が投影光学系PLの光軸Aeとほぼ一致する状態でレチクルRを位置決め（レチクルアライメント）できるようになっている。図1では、このレチクルアライメントが行われた状態が示されている。

【0045】投影光学系PLは、その光軸AeがレチクルステージRSTの移動面に直交するZ軸方向とされ、ここでは両側テレセントリックで、所定の縮小倍率β（βは例えば1/5）を有するものが使用されている。このため、レチクルRのパターンとウエハW上のショット領域との位置合わせ（アライメント）が行われた状態で、照明光ILによりレチクルRが均一な照度で照明されると、パターン形成面のパターンが投影光学系PLにより縮小倍率βで縮小されて、フォトリソが塗布されたウエハW上に投影され、ウエハW上の各ショット領域にパターンの縮小像が形成される。

【0046】また、本実施形態では、投影光学系PLのX軸方向一侧（図1における左側）の側面には、ウエハステージWS1、WS2の露光時のX軸方向位置管理の基準となるX固定鏡14Xが固定され、同様に投影光学系PLのY軸方向一侧（図1における紙面奥側）の側面には、ウエハステージWS1、WS2の露光時のY軸方向位置管理の基準となるY固定鏡14Yが固定されている（図3参照）。

【0047】前記ウエハステージWS1、WS2の底面には、不図示の気体静圧軸受がそれぞれ設けられており、これらの気体静圧軸受によってウエハステージWS1、WS2はベース12上面との間に数ミクロン（μm）程度のクリアランスを介してそれぞれベース12上方に浮上支持されている。これらのウエハステージWS1、WS2のX軸方向一侧（図1における左側）の面及びY軸方向一侧（図1における紙面奥側）の面には、それぞれ鏡面加工が施され、干渉計システム26からの測長ビームを反射するための移動鏡として機能する反射面がそれぞれ形成されている。

【0048】また、ウエハステージWS1、WS2の底面には、マグネットがそれぞれ固定されており、ベース内の所定範囲（具体的には、投影光学系PL下方近傍の

所定領域及びアライメント顕微鏡WA下方近傍の所定領域)に埋め込まれた不図示の駆動コイルによって発生する電磁力によりウエハステージWS1、WS2はベース12上をXY2次元方向に移動する。すなわち、ウエハステージWS1、WS2底面のマグネットとベース12内に埋め込まれた駆動コイルとによってウエハステージWS1、WS2の駆動手段としてのいわゆるムービングマグネット型のリニアモータが構成されている。このリニアモータの駆動コイルの駆動電流が、主制御装置28によって制御される。

【0049】ウエハステージWS1、WS2上には不図示のウエハホルダを介して真空吸着等によってウエハWがそれぞれ保持されている。また、これらのウエハステージWS1、WS2上には、その表面がウエハWの表面と同じ高さになるような基準マーク板FM1、FM2がそれぞれ固定されている。一方の基準マーク板FM1の表面には、図2の平面図に示されるように、その長手方向中央部に後述するウエハアライメント顕微鏡WAで計測するためのマークWMが形成され、このマークWMの長手方向両側に投影光学系PLを通してレチクルRとの相対的な位置計測に用いる一対のマークRMが形成されている。他方の基準マーク板FM2上にもこれと全く同様のマークWM、RMが形成されている。

【0050】更に、本実施形態では、投影光学系PLからXY軸に対しほぼ45度の方向に所定距離、例えば3000mm離れた位置にウエハWに形成された位置検出用マーク(アライメントマーク)を検出するアライメント系としてのオフ・アクシス方式のアライメント顕微鏡WAが設けられている。ウエハWには、前層までの露光、プロセス処理により段差ができており、その中には、ウエハ上の各ショット領域の位置を測定するための位置検出用マーク(アライメントマーク)も含まれており、このアライメントマークをアライメント顕微鏡WAにより計測するのである。

【0051】アライメント顕微鏡WAとしては、ここでは、画像処理方式のいわゆるFIA(field Image Alignment)系のアライメント顕微鏡が用いられている。これによれば、ハロゲンランプ等のブロードバンドな照明光を発する不図示の光源から発せられた照明光が不図示の対物レンズを通過した後ウエハW(又は基準マーク板FM)上に照射され、そのウエハW表面の不図示のウエハマーク領域からの反射光が対物レンズ、不図示の指標板を順次透過して不図示のCCD等の撮像面上にウエハマークの像、及び指標板上の指標の像が結像される。これらの像の光電変換信号が信号処理ユニット16内の不図示の信号処理回路により処理され、不図示の演算回路によってウエハマークと指標との相対位置が算出され、この相対位置が主制御装置28に伝えられる。主制御装置28では、この相対位置と干渉計システム26の計測値とに基づいてウエハW上のアライメントマークの位置

を算出する。

【0052】また、アライメント顕微鏡WAのX軸方向一侧(図1における左側)の側面には、ウエハステージWS1、WS2のアライメント動作時のX軸方向位置管理の基準となるX固定鏡18Xが固定され、同様にアライメント顕微鏡WAのY軸方向一侧(図1における紙面奥側)の側面には、ウエハステージWS1、WS2の露光動作時のY軸方向位置管理の基準となるY固定鏡18Yが固定されている。

10 【0053】なお、アライメント顕微鏡としてはFIA系に限らず、LIA(Laser Interferometric Alignment)系やLSA(Laser Step Alignment)系等の他の光アライメント系は勿論、位相差顕微鏡や微分干渉顕微鏡等の他の光学装置や、トンネル効果を利用して試料表面の原子レベルの凹凸を検出するSTM(Scanning Tunnel Microscope: 走査型トンネル顕微鏡)や原子間力(引力や斥力)を利用して試料表面の原子分子レベルの凹凸を検出するAFM(Atomic Force Microscope: 原子間力顕微鏡)等の非光学装置等を使用することも可能である。

20 【0054】更に、本実施形態の投影露光装置100では、レチクルRの上方に、投影光学系PLを介した基準マーク板FM上の基準マークRMの像とレチクルR上のレチクルアライメントマーク(図示省略)とを同時に観察するためのマーク位置検出手段としてのレチクルアライメント顕微鏡52A、52Bが設けられている。レチクルアライメント顕微鏡52A、52Bの検出信号S1、S2は、主制御装置28に供給されるようになってい

30 る。この場合、レチクルRからの検出光をそれぞれレチクルアライメント顕微鏡52A、52Bに導くための偏向ミラー54A、54Bが当該各レチクルアライメント顕微鏡52A、52Bと一体的にユニット化されて、一対の顕微鏡ユニット56A、56Bが構成されている。これらの顕微鏡ユニット56A、56Bは、露光シーケンスが開始されると、主制御装置28からの指令により、不図示のミラー駆動装置によって、レチクルパターンにかからない位置まで退避されるようになってい

40 【0055】次に、ウエハステージWS1、WS2の位置を管理する図1の干渉計システム26について詳述する。

【0056】この干渉計システム26は、実際には、図3に示されるように、X軸方向位置計測用の第1のレーザ干渉計26Xeと、Y軸方向位置計測用の第2のレーザ干渉計26Yeと、X軸方向位置計測用の第3のレーザ干渉計26Xaと、Y軸方向位置計測用の第4のレーザ干渉計26Yaとを含んで構成されているが、図1ではこれらが代表的に干渉計システム26として図示されている。

50 【0057】第1のレーザ干渉計26Xeは、X固定鏡

14 Xに対して投影光学系PLの投影中心を通るX軸方向のレファレンスビーム X_{01} を投射するとともに、ウエハステージ(WS1又はWS2)の反射面に対して測長ビーム X_{02} を投射し、これら2本のビームの反射光が一つに重ねられて干渉させられたその干渉状態に基づいて固定鏡14 Xに対するウエハステージ反射面の変位を計測する。

【0058】また、第2のレーザ干渉計26 Yeは、Y固定鏡14 Yに対して投影光学系PLの投影中心を通るY軸方向のレファレンスビーム Y_{01} を投射するとともに、ウエハステージ(WS1又はWS2)の反射面に対して測長ビーム Y_{02} を投射し、これら2本のビームの反射光が一つに重ねられて干渉させられたその干渉状態に基づいて固定鏡14 Yに対するウエハステージ反射面の変位を計測する。

【0059】また、第3のレーザ干渉計26 Xaは、X固定鏡18 Xに対してアライメント顕微鏡WAの検出中心を通るX軸方向のレファレンスビーム X_{01} を投射するとともに、ウエハステージ(WS1又はWS2)の反射面に対して測長ビーム X_{02} を投射し、これら2本のビームの反射光が一つに重ねられて干渉させられたその干渉状態に基づいて固定鏡18 Xに対するウエハステージ反射面の変位を計測する。

【0060】また、第4のレーザ干渉計26 Yaは、Y固定鏡18 Yに対してアライメント顕微鏡WAの検出中心を通るY軸方向のレファレンスビーム Y_{01} を投射するとともに、ウエハステージ(WS1又はWS2)の反射面に対して測長ビーム Y_{02} を投射し、これら2本のビームの反射光が一つに重ねられて干渉させられたその干渉状態に基づいて固定鏡18 Yに対するウエハステージ反射面の変位を計測する。

【0061】ここで、レファレンスビーム X_{01} 及び測長ビーム X_{02} から成る第1のレーザ干渉計26 Xeの測長軸を第1測長軸Xe、レファレンスビーム Y_{01} 及び測長ビーム Y_{02} から成る第2のレーザ干渉計26 Yeの測長軸を第2測長軸Ye、レファレンスビーム X_{01} 及び測長ビーム X_{02} から成る第3のレーザ干渉計26 Xaの測長軸を第3測長軸Xa、レファレンスビーム Y_{01} 及び測長ビーム Y_{02} から成る第4のレーザ干渉計26 Yaの測長軸を第4測長軸Yaと呼ぶものとする、第1測長軸Xeと第2測長軸Yeとは、投影光学系PLの投影中心

(光軸Ae中心と一致)で垂直に交差しており、第3測長軸Xaと第4測長軸Yaとは、アライメント顕微鏡WAの検出中心で垂直に交差している。これにより、後述するように、ウエハW上の位置検出用マーク(アライメントマーク)の計測時にも、ウエハW上へのパターンの露光時にもウエハステージのヨーイング等によるアッペ誤差の影響を受けることなく、それぞれの計測軸方向でウエハステージの位置を正確に計測できるようになっている。なお、測定精度を向上させるべく、上記第1ない

し第4のレーザ干渉計として、2周波数のヘテロダイン干渉計を用いることがより一層望ましい。

【0062】図1に戻り、干渉計システム26の計測値は主制御装置28に供給され、主制御装置28ではこの干渉計システム26の計測値をモニタしつつ、前述したリニアモータを介してウエハステージWS1、WS2を位置制御する。

【0063】図3からも明らかなように、本第1の実施形態の場合、ウエハステージWS1又はWS2上のウエハWに対して投影光学系PLを介したレチクルパターンの露光が行なわれる間は、第1、第2のレーザ干渉計26 Xe、26 Yeによってウエハステージの位置が管理され、アライメント顕微鏡WAによりウエハW上の位置検出用マーク(アライメントマーク)の計測が行なわれる間は、第3、第4のレーザ干渉計26 Xa、26 Yaによってウエハステージの位置が管理されるようになっている。しかしながら、露光が終了した後、あるいはアライメントマークの計測が終了した後は、各測長軸がそれぞれのウエハステージの反射面に当たらなくなるので、干渉計システム26によるウエハステージの位置管理は困難となる。

【0064】このため、本実施形態の投影露光装置100では、ウエハステージWS1を図3中に仮想線で示される第3位置と、図3中に実線で示される第2位置と、図3中でウエハステージWS2が位置する第1位置との3地点間で自在に移動させる移動手段としての第1のロボットアーム20と、同様にウエハステージWS2を上記第1位置と、第2位置と、第3位置との3地点間で自在に移動させる移動手段としての第2のロボットアーム22とが設けられている。これら第1、第2のロボットアーム20、22も主制御装置28によって制御され、これら第1、第2のロボットアーム20、22のウエハステージの位置制御精度は、概ね $\pm 1 \mu\text{m}$ 程度となっている。これらのロボットアーム20、22としては、公知の構成の有関節ロボットアームが用いられているので、詳細な説明は省略するが、上記の位置制御精度を確実に実現するために、図3中に符号24A、24Bで示されるような上下動ピンをストップとして併せて設けるようにしても良い。

【0065】ここで、第3位置、第2位置及び第1位置について簡単に説明すると、第3位置とは、外部の基板搬送機構の一部を構成する搬送アーム50とウエハステージ(WS1、WS2)との間でウエハWの受け渡しが行なわれるウエハ交換位置を意味し、第2位置とは、ウエハWのローディングが終了した後、ウエハステージ上のウエハWに対しアライメントが行なわれる位置であって第3測長軸Xaと第4測長軸Yaとが共にウエハステージの反射面に当たる任意の位置を意味し、第1位置とは、ウエハのアライメントが終了した後、ウエハステージ上のウエハWに対し露光が行なわれる位置であって第

1 測長軸Xeと第2 測長軸Yeとが共にウエハステージの反射面に当たる任意の位置を意味する。

【0066】本実施形態では、上述したように、図3中に示される位置が、それぞれ第1位置、第2位置、第3位置として定められているものとするが、第2位置は、上記の定義を満足するのであれば、如何なる位置を定めてもよく、例えば、基準マーク板FM上のマークWMがアライメント顕微鏡WAの検出領域内となる位置を第2位置としても良い。同様に、第1位置も、上記の定義を満足するのであれば、如何なる位置を定めてもよく、例

例えば、基準マーク板FM上のマークRMが投影光学系PLの投影領域内となる位置を第1位置としても良い。

【0067】次に、上述のようにして構成された本実施形態の投影露光装置100の全体的な動作の流れを説明する。

【0068】① 前提として、ウエハステージWS1が第3位置にあり、ウエハステージWS2が第1位置にあるものとする。

【0069】まず、ウエハステージWS1と搬送アーム50との間でウエハ交換が行なわれる。このウエハ交換は、ウエハステージWS1上のセンターアップ（ウエハアップ機構）と搬送アーム50とによって従来と同様にして行なわれるので、ここでは詳細な説明するは省略するが、先に述べたようにロボットアームの位置決め精度は概ね $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下なので、搬送アーム50の位置決め精度もこれとはほぼ同程度であるものとする。このウエハ交換に先だって、ウエハWは不図示のブリアライメント装置によりX、Y、 θ 方向に概略位置決めがなされており、ウエハステージ上へのロード位置が大きくずれることはなく、例えば基準マーク板FM1に対するウエハWのロード位置も上記の $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下の誤差範囲内となっている。

【0070】このウエハ交換中、ウエハステージWS1はレーザ干渉計で位置が管理されていないが、第1のロボットアーム20がウエハステージWS1を捉えているので、ウエハステージWS1が勝手な所に行くというような不都合は生じない。なお、第1のロボットアーム20により捉えられている間は、ウエハステージWS1を駆動するリニアモータは停止しているものとする（以下において同じ）。

【0071】ウエハ交換（ウエハステージWS1上へのウエハWのロード）が終了すると、主制御装置28では、第1のロボットアーム20を制御してウエハステージWS1を図3中に実線で示される第2位置へ移動させ、この位置で、第3、第4のレーザ干渉計26Xa、26Yaを同時にリセットする。このリセットが終了すると、第1のロボットアーム20はここでの役目を終えるので、該第1のロボットアーム20は主制御装置28からの指示に応じて不図示の駆動系によりウエハステージWS1を離れて邪魔にならない位置に待避される。

【0072】上記の第3、第4のレーザ干渉計26Xa、26Yaのリセット終了後、主制御装置28では干渉計26Xa、26Yaの計測値をモニタしつつ、ウエハステージWS1上の基準マーク板FM1上のマークWMがアライメント顕微鏡WAの検出領域内に位置決めされるようにウエハステージWS1を前述したリニアモータを介して位置制御する。ここで、第1のロボットアーム20による第2位置への位置決め精度は、前述の如く、概ね $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下が可能であり、この第2位置で干渉計測長軸がリセットされているので、その後は0.01 μm 程度の分解能で設計値（ウエハステージWS1の反射面と基準マーク板上のマークWMとの設計上の相対位置関係）に基づいて位置制御が可能であり、結果的に、アライメント顕微鏡WAによるマークWM計測にとって十分な精度でウエハステージWS1が位置決めされる。なお、第2位置を、ウエハステージWS1上の基準マーク板FM1上のマークWMがアライメント顕微鏡WAの検出領域内に位置決めされる位置に設定する場合には、上記の干渉計リセット後のウエハステージWS1の移動は不要であるので、スループットの面ではより一層望ましい。

【0073】次に、アライメント顕微鏡WAによって該アライメント顕微鏡WAの検出中心（指標中心）を基準とする基準マーク板FM1上のマークWMの位置（ ΔW_x 、 ΔW_y ）が計測され、主制御装置28ではこの計測中の第3、第4のレーザ干渉計26Xa、26Yaの計測値の平均値（ X_0 、 Y_0 ）を求める。これによりレーザ干渉計26Xa、26Yaの計測値が（ $X_0 - \Delta W_x$ 、 $Y_0 - \Delta W_y$ ）を示すとき基準マーク板FM1上のマークWMがアライメント顕微鏡WAの検出中心（指標中心）の真下にいることが分かる。上記の第3、第4のレーザ干渉計26Xa、26Yaのリセット後の一連の動作を以下においてはW-SETと呼ぶものとする。

【0074】このようにして、一方のウエハステージWS1上でウエハ交換、干渉計リセット及びW-SETの一連の動作が行なわれる間に、他方のウエハステージWS2上では、次のような動作が行なわれる。

【0075】すなわち、ウエハステージWS2は、前述の如く、第2のロボットアーム22により第1位置へ移動されており、この第1位置への位置決め制御も $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下の精度で行なわれている。この第1位置へのウエハステージWS2の移動が完了すると同時に、主制御装置28では第1、第2のレーザ干渉計26Xe、26Yeをリセットする。

【0076】この第1、第2のレーザ干渉計26Xe、26Yeのリセットが終了すると、第2のロボットアーム22はここでの役目を終えるので、該第2のロボットアームは主制御装置28からの指示に応じて不図示の駆動系によりウエハステージWS2を離れて邪魔にならない位置に待避される。

【0077】次に、主制御装置28ではレーザ干渉計26Xe、26Yeの計測値をモニタしつつ、基準マーク板FM2上のマークRMが、投影光学系PLの投影領域内でレチクルRに形成されているレチクルアライメントマーク（図示省略）に投影光学系を介して重なる位置に、位置決めされるように、リニアモータを介してウエハステージWS2の位置を制御する。この場合、第2のロボットアーム22による第1位置への位置決め精度は、前述の如く、概ね $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下が可能であり、この第1位置で干渉計測長軸がリセットされているので、その後は0.01 μm 程度の分解能で設計値（ウエハステージWS2の反射面と基準マーク板FM2上のマークRMとの設計上の相対位置関係）に基づいて位置制御が可能であり、結果的に、レチクルアライメント顕微鏡52A、52Bでレチクルアライメントマークと基準マーク板FM上のマークRMを同時に観測するには必要十分な精度でウエハステージWS2は位置決めされる。

【0078】次に、レチクルアライメント顕微鏡52A、52BによってレチクルR上のレチクルアライメントマークと基準マーク板FM2上のマークRMの相対間隔（ ΔR_X 、 ΔR_Y ）、すなわち投影光学系PLの投影領域内の所定の基準点としてのレチクルRのパターン像の投影中心に対するウエハステージWS2上の基準点である基準マークRM中心との位置ずれ（ ΔR_x 、 ΔR_y ）が計測され、主制御装置28では、このレチクルアライメント顕微鏡52A、52Bの計測値を取り込むと同時に、その時のレーザ干渉計26Xe、26Yeの計測値（ X_1 、 Y_1 ）を読み取る。これにより、レーザ干渉計26Xe、26Yeの計測値が（ X_1 、 $-\Delta R_x$ 、 Y_1 、 $-\Delta R_y$ ）となる位置が、レチクルアライメントマークと基準マーク板FM2上のマークRMがちょうど投影光学系PLを介して重なる位置であることが分かる。上記の第1、第2のレーザ干渉計26Xe、26Yeのリセット後の一連の動作を以下においてはR-SETと呼ぶものとする。

【0079】次に、ウエハステージWS1側のウエハアライメントとウエハステージWS2側の露光とが並行して行なわれる。

【0080】すなわち、前述した第3、第4のレーザ干渉計26Xa、26Yaのリセット後は、ウエハステージWS1の位置は、レーザ干渉計26Xa、26Yaの計測値に基づいて管理されており、主制御装置28ではウエハW上の複数のショット領域の内、予め定められた特定のサンプルショットの位置検出用マーク（アライメントマーク）位置の計測を、干渉計26Ya、26Xaの計測値をモニタしつつリニアモータを介してウエハステージWS1を順次移動して、アライメント顕微鏡WAの出力に基づいて（ X_a 、 Y_a ）座標系上で行なう。この場合、基準マーク板FM1上のマークWMがアライメント顕微鏡WAの検出中心の真下に来るときの干渉計の

計測値（ X 、 $-\Delta_x$ 、 Y 、 $-\Delta_y$ ）が求まっているため、この値と、基準マークWAと各アライメントマークの相対位置の設計値とに基づいてウエハW上の各アライメントマークをウエハアライメント顕微鏡WAの検出領域内に位置決めするためにはレーザ干渉計26Ya、26Xaの計測値がどの値を示す位置にウエハステージWS1を移動させれば良いかが演算で求められ、この演算結果に基づいてウエハステージWS1が順次移動される。

【0081】ウエハWのX、Y、 θ の位置合わせのためには、最低でもX計測マーク2個とY計測マーク1個（またはX計測マーク1個とY計測マーク2個）を計測を行えば足りるが、ここでは、EGAサンプルショットとして、一直線上に無いX計測マーク3個以上、一直線上に無いY計測マーク3個以上の計測が行なわれるものとする。

【0082】そして、この計測した各サンプルショットのアライメントマーク（ウエハマーク）位置と設計上のショット領域の配列データとを用いて、例えば特開昭61-44429号公報等に開示されるような最小自乗法による統計演算を行なって、ウエハW上の上記複数ショット領域の全配列データを求める。但し、計算結果は、先に求めた基準マーク板FM1上のマークWMがアライメント顕微鏡WAの検出中心の直下に来たときの干渉計の値（ X 、 $-\Delta_x$ 、 Y 、 $-\Delta_y$ ）と差をとって、基準マーク板FM1上の基準マークWAを基準とするデータに変換しておくことが望ましい。これにより、基準マーク板FM1上のマークWMとウエハW上の各ショット領域の基準点との相対的な位置関係が必要にして十分に分かる。

【0083】このようにして、ウエハステージWS1側でファインアライメント（EGA）が行なわれるのと並行して、ウエハステージWS2側では、次のようにしてレチクルRのパターン像とウエハW上のショット領域の既成のパターンとの重ね合わせ露光が行なわれる。

【0084】すなわち、主制御装置28では上記の位置ずれ誤差の計測結果と、そのときのウエハステージWS2の座標位置（ X_e 、 Y_e ）と、予めアライメント動作により上記と同様にして算出している基準マーク板FM2上の基準マークWAを基準とする各ショットの配列座標データとに基づいて、干渉計26Ye、26Xeの計測値をモニタしつつウエハW上の各ショット領域を露光位置に位置決めしつつ、照明光学系内のシャッターを開閉制御しながら、ステップ・アンド・リピート方式でレチクルパターンをウエハW上に順次露光する。ここで、ウエハステージWS2上のウエハWに対する露光に先立って、干渉計26Xe、26Yeをリセットしている（干渉計の測長軸が一旦切れている）にもかかわらず、高精度な重ね合わせが可能な理由について、詳述すると、基準マーク板FM2上のマークWMとマークRMとの間隔

は既知であり、これに先立って行われたファインアライメント (EGA) により前述と同様にして基準マーク板 FM2 上のマーク WM とウエハ W 上の各ショット領域の基準点との相対的な位置関係が算出されており、レチクル R 上のレチクルアライメントマークがレチクル R 上のどこに存在するか (即ち、投影光学系 PL の投影領域内の所定の基準点であるレチクルのパターン像の投影中心 (投影光学系 PL の投影中心とほぼ一致) とウエハステージ WS2 上の基準点であるマーク RM との相対位置関係) も計測されているので、これらの計測結果に基づき、第1、第2のレーザ干渉計 26Xe、26Ye の計測値がどの値になればレチクル R のパターン像とウエハ W 上各ショット領域がびったり重なるかは明白だからである。

【0085】③ 上述のようにして、ウエハステージ WS1 側でファインアライメント (EGA) が終了し、ウエハステージ WS2 側でウエハ W 上の全てのショット領域に対するレチクルパターン像の露光が終了すると、ウエハステージ WS1 を投影光学系 PL の下方の第1位置へ移動し、ウエハステージ WS2 をウエハ交換位置である第3位置へ移動する。

【0086】すなわち、ウエハステージ WS1 は主制御装置 28 からの指示に応じて第1のロボットアーム 20 によって捕捉され、第1位置へ移動される。この第1位置への位置決め制御も $\pm 1 \mu\text{m}$ 以下の精度で行なわれる。この第1位置へのウエハステージ WS1 の移動が完了すると同時に、主制御装置 28 では第1、第2のレーザ干渉計 26Xe、26Ye をリセットする。

【0087】このリセットが終了すると、第1のロボットアーム 20 はここでの役目を終えるので、該第1のロボットアーム 20 は主制御装置 28 からの指示に応じて不図示の駆動系によりウエハステージ WS1 を離れて邪魔にならない位置に待避される。

【0088】次に、主制御装置 28 では先に述べたウエハステージ WS2 側と同様にして、R-SET を行なう。これにより、レチクルアライメントマークと基準マーク板 FM1 上のマーク RM の相対間隔 (ΔR_x , ΔR_y)、すなわち投影光学系 PL の投影領域内の所定の基準点としてのレチクル R のパターン像の投影中心に対するウエハステージ WS2 上の基準点である基準マーク RM 中心との位置ずれ (ΔR_x , ΔR_y) 及びこの位置ずれ計測時のステージ座標位置 (X_s , Y_s) が計測される。

【0089】ウエハステージ WS1 側で上述のようにして、干渉計リセット及び R-SET が行われる間に、主制御装置 28 からの指示に応じて第2のロボットアーム 22 が露光動作が終了したウエハステージ WS2 を捕捉し、ウエハ交換のためウエハ受け渡し位置 (第3位置) にウエハステージ WS2 を移動させ、以後前述したウエハステージ WS1 側と同様にしてウエハ交換、干渉計リ

セット及び W-SET が行われる。

【0090】④ 次に、主制御装置 28 では、前述と同様に、ウエハステージ WS1 側でステップ・アンド・リピート方式でレチクルパターンがウエハ W 上に順次露光されるのと並行して、ウエハステージ WS2 側でファインアライメント (EGA) が行なわれるように両ステージの動作を制御する。

【0091】⑤ その後は、これまでに説明した①～④の動作が順次繰り返されるように、主制御装置 28 によって、両ステージ WS1、WS2 の動作、第1、第2のロボットアームの動作が制御される。

【0092】以上説明した、両ステージ WS1、WS2 上で行われるの並行動作の流れが、図4に示されている。

【0093】以上説明したように、本第1の実施形態に係る投影露光装置 100 によると、ウエハステージ WS1 及びウエハステージ WS2 の内の一方のステージ側の露光動作と他方のステージ側のファインアライメント動作を並行して行なうことができるので、ウエハ交換 (サーチアライメントを含む)、ファインアライメント、露光をシーケンシャルに行なっていた従来技術に比べて、スループットの大幅な向上が期待できる。通常、露光処理シーケンスの中では、ファインアライメント動作と露光動作に要する時間の割合が大きいからである。

【0094】また、上記実施形態によると、干渉計システム 26 の測長軸が切れることを前提としているので、各ウエハステージの反射面 (移動鏡を用いる場合は該移動鏡) の長さは、ウエハ直径より僅かに長い程度で十分であることから、測長軸が切れてはいけないことを前提としていた従来技術に比べて、ウエハステージの小型・軽量化が可能であり、これによりステージ制御性能の向上が期待される。

【0095】さらに、上記実施形態では、干渉計システムの測長軸が切れることを前提とし、アライメント前、露光前それぞれにおいてステージ上の基準マーク板 FM 上のマーク位置を測定するので、投影光学系 PL の投影中心とアライメント顕微鏡 WA の検出中心との中心間距離 (ベースライン量) はいくら長くなっても特に不都合はなく、投影光学系 PL とアライメント顕微鏡 WA の間隔をある程度十分に離して、ウエハステージ WS1 とウエハステージ WS2 とが干渉等を生じることなく、ウエハアライメントと露光とを時間的に並行して行なうことができる。

【0096】また、上記実施形態では、投影光学系 PL の投影中心で垂直に交差する第1測長軸 Xe と第2測長軸 Ye、及びアライメント顕微鏡 WA の検出中心で垂直に交差する第3測長軸 Xa と第4測長軸 Ya を干渉計システム 26 が備えていることから、アライメント動作時及び露光時のいずれの時点においてもウエハステージの2次元位置を正確に管理することができる。

【0097】これに加え、投影光学系PLの側面、アライメント顕微鏡WAの側面に干渉計用固定鏡14X、14Y、18X、18Yを固定したことから、アライメント計測中、露光中に固定鏡位置の変動がない限り、仮に経時変化や装置の振動等によって固定鏡位置が変動しても、この変動によりウエハステージの位置制御精度が低下する等の不都合が生じることがない。従って、例えば、アライメント顕微鏡WAを上下動可能な構成にしても何らの不都合をも生じない。

【0098】なお、上記第1の実施形態では、第1、第2のロボットアーム20、22により、ウエハステージWS1、ウエハステージWS2を第1位置、第2位置及び第3位置の3地点間で移動させる場合について説明したが、本発明がこれに限定させるものではなく、例えば第2位置でウエハ交換を行なうようにする場合には、第1、第2のロボットアーム20、22により、ウエハステージWS1、ウエハステージWS2を第1位置と第2位置間で移動させるようにしても良い。この場合には、主制御装置28では、ウエハステージWS1及びウエハステージWS2の内の一方のステージ上のウエハWの露光動作と、他方のステージ上のウエハWのアライメント動作とが並行して行われるように両ステージの動作を制御した後に、第1、第2のロボットアーム20、22により両ステージの位置を入れ替えることとなる。

【0099】また、上記第1の実施形態では、EGA計測に基づいてステップ・アンド・リピート方式の露光がステージ上のウエハWに対して行われる場合について説明したが、これに限らず、ダイ・バイ・ダイによってアライメント、露光を繰り返しながらウエハW上の各ショット領域に順次レチクルのパターン像を投影露光しても良い。この場合であっても、アライメント時にステージ上の基準マーク板FMに形成されたマークWMに対する各アライメントマークの相対位置が計測されるので、この相対位置に基づいて上記と同様にして、各ショット領域にレチクルパターン像を重ね合わせることができる。かかるダイ・バイ・ダイ方式は、ウエハW上のショット領域の数が少ない場合に採用することが望ましい。ショット領域の数が多い場合は、スルーボットの低下を防止する観点から考えて前述したEGAによる方が望ましい。

【0100】また、上記第1の実施形態では、第1のロボットアーム20が一方のステージWS1を第1位置、第2位置及び第3位置の3地点間で移動させ、第2のロボットアーム22が他方のステージWS2を第1位置、第2位置及び第3位置の3地点間で移動させる場合について説明したが、本発明がこれに限定されることはなく、例えば一方のロボットアーム20がステージWS1（又はWS2）を第1位置から第3位置まで運ぶ途中で第1位置、第2位置及び第3位置以外のある位置まで運んで放し、他方のロボットアーム22が該ステージWS

1（又はWS2）をこの位置から第3位置まで移動させる等の方式を採用することにより、一方のロボットアーム20を両ステージの第2位置と第1位置との搬送専用とし、他方のロボットアーム22を両ステージの第3位置と第2位置との搬送専用とすることも可能である。

【0101】また、干渉計システム26を構成する各レーザ干渉計として、多軸の干渉計を用い、ウエハステージのX、Yの並進位置のみでなく、ヨーイングや、ピッチングをも計測するようにしても良い。

【0102】《第2の実施形態》次に、本発明の第2の実施形態を図5に基づいて説明する。ここで、前述した第1の実施形態と同一若しくは同等の構成部分については、同一の符号を用いるとともにその説明を省略するものとする。

【0103】この第2の実施形態は、ウエハステージWS1が、ステージ本体WS1aと、このステージ本体WS1a上に着脱可能な同一形状の基板保持部材WS1bとの2部分に分離可能に構成され、同様にウエハステージWS2が、ステージ本体WS2aと、このステージ本体WS2a上に着脱可能な同一形状の基板保持部材WS2bとの2部分に分離可能に構成されている点に特徴を有する。

【0104】基板保持部材WS1b、WS2bには、ウエハWが不図示のウエハホルダを介して吸着保持されているとともに、干渉計用移動鏡として機能する反射面がその側面にそれぞれ形成されている。また、これらの基板保持部材WS1b、WS2bには、その上面に基準マーク板FM1、FM2がそれぞれ設けられている。

【0105】本第2の実施形態では、前述した第1の形態とほぼ同様にして、ウエハステージWS1、WS2上で並行処理が行われるが、一方のステージ側でアライメント動作が終了し、他方のステージ側で露光動作が終了した時点で、主制御装置28により第1、第2のロボットアーム20、22が制御され、アライメント動作が終了したステージ側の基板保持部材WS1b（又はWS2b）が第1位置で停止しているステージ本体WS2a上に搬送（移動）されるのと並行して、露光が終了したステージ側の基板保持部材WS2b（又はWS1b）が第2位置で停止しているステージ本体WS1a上に搬送され、このようにして基板保持部材WS1b、WS2bの交換が行われる。基板保持部材WS1b、WS2bが交換される際、干渉計システム26の測長軸は切れるためウエハステージWS1、WS2の位置管理が不能となるので、その間はステージストップ30a、30bが出てきて両ステージ本体WS1a、WS2aをその位置に保持するようになっている。この場合、ウエハ交換は、不図示の搬送アームにより第2位置で行われる。

【0106】ここで、本第2の実施形態では、図5から容易に想像されるように、第2位置として、例えば基準マーク板FM上のマークWMがアライメント顕微鏡WA

の検出領域内となる位置が、第1位置として、基準マーク板FM上のマークRMが投影光学系PLの投影領域内となる位置がそれぞれ定められており、従って、主制御装置28により基板保持部材WS1b、WS2bのステージ本体上への移動とともに干渉計システム26の測長軸のリセット及びR-SET又はW-SETが行なわれることとなる。

【0107】この第2の実施形態によっても、前述した第1の実施形態と同等の効果を得ることができる。

【0108】なお、上記第2の実施形態では、第1、第2のロボットアーム20、22が基板保持部材を第1位置と第2位置間で移動させる場合について説明したが、第1、第2のロボットアーム20、22が、前述した第1の実施形態と同様に、基板保持部材を第1位置、第2位置及び第3位置の3地点間で移動させるようにしても良い。この場合には、ウエハ交換を投影光学系PL、アライメント顕微鏡WAと無関係な所で行なうことができるので、例えばアライメント顕微鏡WA下方のワーキングディスタンスが狭い場合であっても、アライメント顕微鏡WAがウエハ交換の障害になる等の不都合がない。

【0109】なお、上記第1、第2の実施形態では、干渉計システム26の測長軸が一旦切れる際の対策として、ロボットアームや、ステージストッパなるものを使用する場合について説明したが、これに限らず、例えばウエハステージ下面に二次元グレーティングを刻んでおき、ステージ走り面の下から光学式のエンコーダにより位置を読み取っても良く、干渉計測長軸が一旦切れた状態でステージを次の位置へ正確に移動させることができる手段、又はステージ本体を所定の位置で停止させたまま保持できるものであれば、如何なる手段を用いても良い。

【0110】また、上記第1、第2の実施形態では、独立に移動するウエハステージが2つ設けられた場合について説明したが、独立に移動するウエハステージを3つ以上設けても良い。ウエハステージを3つ設けた場合には、例えば露光動作、アライメント動作、ウエハ平坦度測定動作を並行して行なうことができる。また、投影光学系PLやアライメント顕微鏡WAを複数設けて良い。投影光学系が複数ある場合には、アライメント動作と異なる二種類のパターンの露光動作とを同時並行的に行なうことができ、いわゆる二重露光等に適する。

【0111】更に、上記実施形態では、本発明がステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置に適用された場合を例示したが、本発明の適用範囲がこれに限定されるものではなく、本発明はいわゆるステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置は勿論、その他、例えば電子ビーム直接描画装置等の他の露光装置にも適用できる

ものである。

【0112】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1に記載の発明によれば、スループットを向上させることができるとともに、ベースライン量に無関係に基板ステージの大きさを定めることができるという従来にない優れた露光方法が提供される。

【0113】また、請求項2ないし11に記載の発明によれば、一方の基板ステージ上の露光動作と他方のステージ上のアライメント動作とを並行処理することにより、スループットを向上させることができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係る露光装置の全体構成を概略的に示す図である。

【図2】図1の一方のウエハステージの概略平面図である。

【図3】図1の装置の概略平面図である。

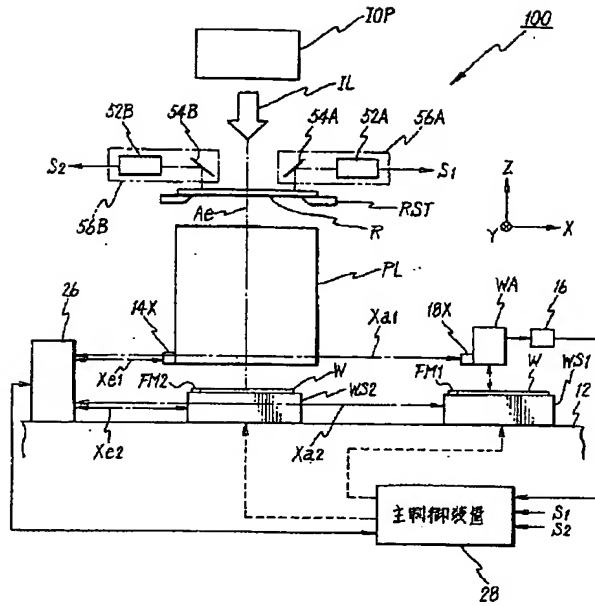
【図4】図1の装置における動作の流れを示す図である。

【図5】第2の実施形態に露光装置の主要部の構成を示す概略平面図である。

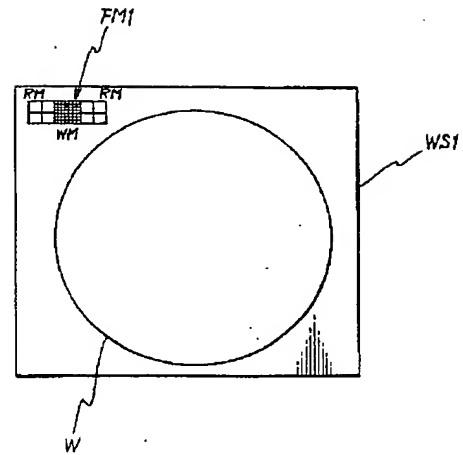
【符号の説明】

14X、18X X固定鏡（固定鏡）
 14Y、18Y Y固定鏡（固定鏡）
 20 第1のロボットアーム（移動手段）
 22 第2のロボットアーム（移動手段）
 26 干渉計システム
 28 主制御装置（制御手段）
 50 搬送アーム（基板搬送機構の一部）
 52A、52B レチクルアライメント顕微鏡（マーク位置検出手段）
 100 露光装置
 WS1a、WS2a ステージ本体
 WS1b、WS2b 基板保持部材
 FM1、FM2 基準マーク板
 WM、RM 基準マーク
 R レチクル（マスク）
 W ウエハ（感応基板）
 PL 投影光学系
 WS1 ウエハステージ（第1基板ステージ）
 WS2 ウエハステージ（第2基板ステージ）
 WA アライメント顕微鏡（アライメント系）
 Xe 第1測長軸
 Ye 第2測長軸
 Xa 第3測長軸
 Ya 第4測長軸

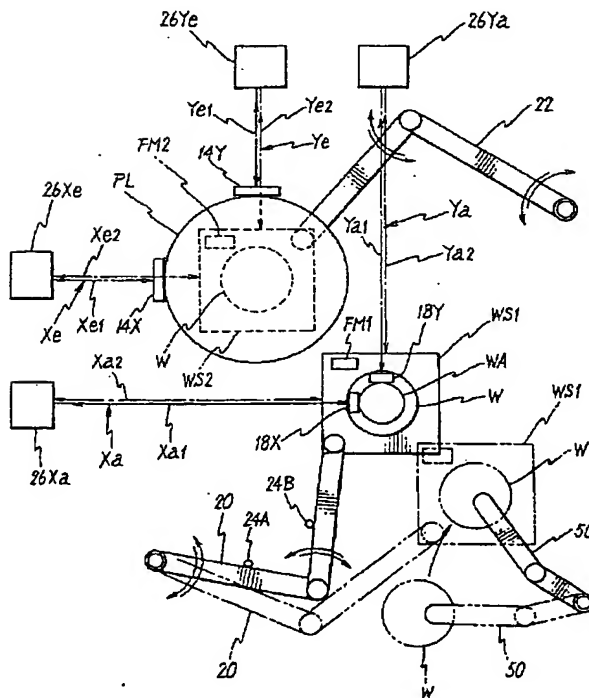
【図1】



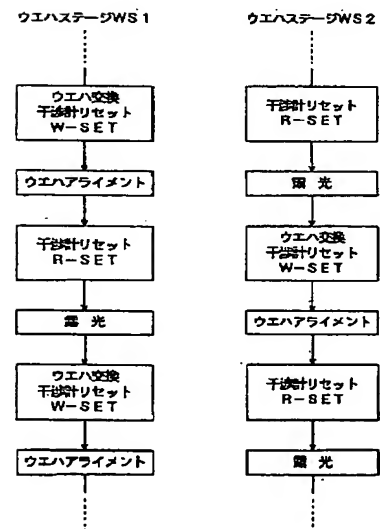
【図2】



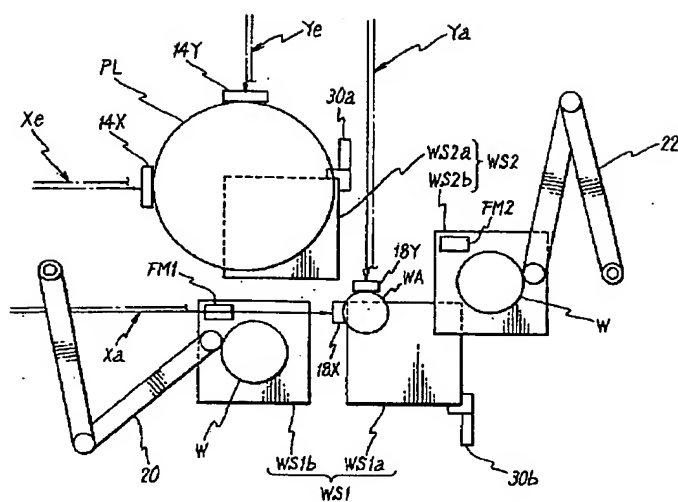
【図3】



【図4】



【図5】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】平成17年8月11日(2005.8.11)

【公開番号】特開平10-163099

【公開日】平成10年6月19日(1998.6.19)

【出願番号】特願平8-332846

【国際特許分類第7版】

H 0 1 L 21/027

G 0 3 F 7/20

G 0 3 F 9/00

【F I】

H 0 1 L 21/30 5 1 6 B

G 0 3 F 7/20 5 2 1

G 0 3 F 9/00 H

H 0 1 L 21/30 5 1 5 G

H 0 1 L 21/30 5 2 5 A

【手続補正書】

【提出日】平成17年1月19日(2005.1.19)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に露光する露光方法であって、

感応基板を保持して各々同一の平面内を独立に移動可能な2つの基板ステージを用意し、

前記2つの基板ステージの内の一方の基板ステージに保持された感応基板上に前記投影光学系を介して前記マスクのパターン像を露光し、

前記一方の基板ステージに保持された感応基板の露光中に、前記2つの基板ステージの内の他方の基板ステージに保持された感応基板上の位置合わせマークと前記他方のステージ上の基準点との位置関係を計測し、

前記一方の基板ステージに保持された感応基板の露光終了後に、前記他方の基板ステージ上の基準点を前記投影光学系の投影領域内に位置決めした状態で、その投影領域内の所定の基準点に対する前記他方の基板ステージ上の基準点の位置ずれ及び前記他方の基板ステージの座標位置を検出し、

前記検出された位置関係、前記検出された位置ずれ及び前記検出された座標位置に基づいて前記他方の基板ステージの移動を制御し、前記他方のステージに保持された感応基板と前記マスクのパターン像との位置合わせを行うことを特徴とする露光方法。

【請求項2】

投影光学系を介して感応基板上にパターンを露光する露光装置であって、

感応基板を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージと；

感応基板を保持して前記第1基板ステージと同一平面内を前記第1基板ステージとは独立に移動可能な第2基板ステージと；

前記投影光学系とは別に設けられ、前記基板ステージ上又は該ステージに保持された感応基板上のマークを検出するためのアライメント系と；

前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの2次元位置をそれぞれ計測するための干渉計システムと；

前記2つの基板ステージのそれぞれを、該ステージ上に保持された感応基板に対して前記投影光学系を介して露光が行われる露光時のステージ移動範囲内の所定の第1位置と、前記アライメント系によりステージ上又は該ステージに保持された感応基板上のマーク検出が行われるアライメント時のステージ移動範囲内の所定の第2位置との間で移動させる移動手段と；

前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の一方のステージに保持された感応基板が露光される間に、前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の他方のステージ上で前記アライメント系によるマーク検出動作が行われるように、前記干渉計システムの計測値をモニタしつつ、前記2つのステージの動作を制御した後に、前記移動手段を制御して前記一方の基板ステージと他方の基板ステージの位置を入れ替える制御手段とを有する露光装置。

【請求項3】

前記干渉計システムは、前記投影光学系の投影中心で相互に垂直に交差する第1測長軸及び第2測長軸と、前記アライメント系の検出中心で相互に垂直に交差する第3測長軸及び第4測長軸とを備え、

前記制御手段は、前記一方と他方のステージの位置を入れ替える際に、前記干渉計システムの測長軸をリセットすることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項4】

投影光学系を介して感応基板上にパターンを露光する露光装置であって、

感応基板を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージと；

感応基板を保持して前記第1基板ステージと同一平面内を前記第1基板ステージとは独立に移動可能な第2基板ステージと；

前記投影光学系とは別に設けられ、前記基板ステージ上又は該ステージに保持された感応基板上のマークを検出するためのアライメント系と；

前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの2次元位置をそれぞれ計測するための干渉計システムと；

前記2つの基板ステージのそれぞれを、ステージ上に保持された感応基板に対して前記投影光学系を介して露光が行われる露光時のステージ移動範囲内の所定の第1位置と、前記アライメント系によりステージ上又は該ステージに保持された感応基板上のマーク検出が行われるアライメント時のステージ移動範囲内の所定の第2位置と、基板ステージと外部の基板搬送機構との間で感応基板の受け渡しが行われる第3位置の3地点間で移動させる移動手段と；

前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の一方のステージの位置が前記干渉計システムにより管理され、該一方のステージに保持された感応基板に前記投影光学系を介してパターンが露光される間に、前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の他方のステージ上で感応基板の交換及び前記感応基板上のアライメントマークと前記他方のステージ上の基準点との位置関係を前記アライメント系の検出結果と前記干渉計システムの計測値とに基づいて計測するアライメント動作が順次行われるように前記2つの基板ステージ及び前記移動手段を制御するとともに、前記2つのステージの動作がともに終了した後に、前記2つのステージ上で行われる動作が入れ替わるように、前記2つのステージと前記移動手段とを制御する制御手段とを有する露光装置。

【請求項5】

パターンが形成されたマスクを更に有し、

前記マスクに形成されたパターンの像が投影光学系を介して前記第1基板ステージ及び第2基板ステージ上の感応基板に投影露光されることを特徴とする請求項4に記載の露光装置。

【請求項6】

前記干渉計システムは、前記投影光学系の投影中心で相互に垂直に交差する第1測長軸

及び第2測長軸と、前記アライメント系の検出中心で相互に垂直に交差する第3測長軸及び第4測長軸とを備え、

前記制御手段は、前記2つのステージのそれぞれについて、前記第1位置への移動の際に前記干渉計システムの第1及び第2測長軸をリセットし、前記第2位置へ移動の際に前記干渉計システムの第3及び第4測長軸をリセットすることを特徴とする請求項5に記載の露光装置。

【請求項7】

前記マスクのパターン像の投影中心と前記ステージ上の基準点との相対位置関係を前記マスクと前記投影光学系を介して検出するマーク位置検出手段を更に有することを特徴とする請求項6に記載の露光装置。

【請求項8】

前記各基板ステージが、ステージ本体と、この本体上に着脱自在に搭載され基板を保持する基板保持部材とを有し、該基板保持部材の側面には干渉計用反射面が設けられ且つ前記基板保持部材の上面には前記基準点として基準マークが形成され、

前記移動手段が、前記基板ステージの代わりに前記基板保持部材を前記各地点間で移動させることを特徴とする請求項2ないし7のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項9】

前記移動手段は、ロボットアームによって構成されていることを特徴とする請求項2ないし8のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項10】

前記投影光学系、前記アライメント系には、それぞれ干渉計による測長の基準となる固定鏡が取り付けられていることを特徴とする請求項2ないし9のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項11】

前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの他に、感応基板を保持して前記2つの基板ステージと同一平面内をこれらのステージとは独立に移動可能な少なくとも1つの別の基板ステージを更に有することを特徴とする請求項2ないし10のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項12】

感応基板を露光する露光装置であって、

干渉計用の反射面を有する第1基板保持部材と；

干渉計用の反射面を有する第2基板保持部材と；

基板保持部材を脱着可能であり、一方の基板保持部材を保持した状態で二次元方向に移動可能な第1ステージ部と；

基板保持部材を脱着可能であり、他方の基板保持部材を保持した状態で、前記第1ステージ部とは独立に、二次元方向に移動可能な第2ステージ部と；

前記第1ステージ部に装着された基板保持部材の反射面を使って、前記第1ステージ部に装着された一方の基板保持部材の位置を計測する第1干渉計システムと；

前記第2ステージ部に装着された他方の基板保持部材の反射面を使って、前記第2ステージ部に装着された基板保持部材の位置を計測する第2干渉計システムと；を備え、

前記第1ステージ部に前記一方の基板保持部材を装着した状態で、前記一方の基板保持部材に保持された感応基板の露光と並行して、前記第2ステージ部に前記他方の基板保持部材を装着した状態で、前記他方の基板保持部材に保持された感応基板のアライメント計測動作が実行され、

前記第1ステージ部に前記一方の基板保持部材を装着した状態での前記露光、及び前記第2ステージ部に前記他方の基板保持部材を装着した状態での前記アライメント計測動作が終了した後に、前記第2ステージ部に装着されていた前記他方の基板保持部材を前記第1ステージ部に装着して、前記他方の基板保持部材に保持された感応基板の露光が行われる露光装置。

【請求項13】

前記第2ステージ部に装着されていた前記他方の基板保持部材が前記第1ステージ部へ装着されると共に、前記第1ステージ部に装着されていた前記一方の基板保持部材が前記第2ステージ部に装着される請求項12に記載の露光装置。

【請求項14】

前記第1ステージ部と前記第2ステージ部との間で、前記第1基板保持部材と前記第2基板保持部材とが交換される請求項12又は13に記載の露光装置。

【請求項15】

前記第2ステージ部に装着されていた前記他方の基板保持部材を前記第1ステージ部に移動する第1搬送装置を更に備えた請求項12～14のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項16】

前記第1ステージ部に装着されていた前記一方の基板保持部材を前記第2ステージ部に移動する第2搬送装置を更に備えた請求項15に記載の露光装置。

【請求項17】

前記第1ステージ部に前記第1及び第2基板保持部材のいずれもが装着されていないときに、前記第1ステージ部を所定位置に保持する第1ストッパと；

前記第2ステージ部に前記第1及び第2基板保持部材のいずれもが装着されていないときに、前記第2ステージ部を所定位置に保持する第2ストッパと；を更に備える請求項12～16のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項18】

感応基板上にマスクのパターン像を投影する投影光学系を更に備え、

前記第2ステージ部に前記他方の基板保持部材を装着した状態でのアライメント計測動作によって、前記他方の基板保持部材に保持された感応基板上のショット領域と前記他方の基板保持部材の基準との第1位置関係が決定され、

前記第1ステージ部に前記他方の基板保持部材を装着した後に、前記投影光学系を介して前記他方の基板保持部材の基準と前記マスクのマークとの第2位置関係が計測され、

前記第1位置関係と前記第2位置関係とに基づいて、前記第1ステージ部に装着された前記他方の基板保持部材に保持された感応基板上のショット領域と前記マスクとが順次位置合わせされ、前記他方の基板保持部材に保持された感応基板上のショット領域が順次露光される請求項12～17のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項19】

前記第1位置関係を求めるために、前記基板上のアライメントマークを検出する第1アライメント系と；

前記第2位置関係を計測する第2アライメント系と；を更に備えた請求項18に記載の露光装置。

【請求項20】

前記第2干渉計システムを使って前記第2ステージ部に装着された前記他方の基板保持部材の反射面の位置を計測しながら前記アライメント計測動作が実行され、

前記アライメント計測動作の終了後、前記第1ステージ部に装着された前記他方の基板保持部材の反射面に当たっている前記第1干渉計システムの測長軸のリセットが行われ、

前記リセット後に、前記第1干渉計システムを使って前記第1ステージ部に装着された前記他方の基板保持部材の反射面の位置を計測しながら前記他方の基板保持部材に保持された感応基板上のショット領域が順次露光される請求項12～19のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項21】

マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に露光する露光装置であって、

ベースと；

干渉計用の反射面を有し、前記ベース上で感応基板を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージと；

干渉計用の反射面を有し、感応基板を保持して、前記ベース上で前記第1基板ステージ

とは独立に2次元平面内を移動可能な第2基板ステージと；

感応基板上的のアライメントマークを検出する第1アライメント系と；

前記基板ステージに設けられた基準と前記マスクのマークとの位置関係を前記投影光学系を介して計測する第2アライメント系と；

前記第1アライメント系を用いたアライメント計測動作が行われている感応基板を保持している基板ステージの位置を計測するための測長軸を有し、該測長軸が、前記アライメント計測動作終了後に前記基板ステージの反射面から外れてしまう第1干渉計システムと；

前記投影光学系を用いた露光動作が行われている感応基板を保持している基板ステージの位置を計測するための測長軸を有し、該測長軸が、前記露光動作終了後に前記基板ステージの反射面から外れてしまう第2干渉計システムと；を備え、

前記2つの基板ステージのうちの一方の基板ステージに保持された感応基板の露光動作と並行して、他方の基板ステージに保持された感応基板上的のアライメントマークを前記第1アライメント系で検出することによって、前記他方の基板ステージに保持された感応基板のショット領域と前記他方の基板ステージに設けられた基準との第1位置関係が決定され、

前記一方の基板ステージに保持された感応基板の露光終了後に、前記他方の基板ステージが前記投影光学系の像面側の所定位置に移動されるとともに、前記第2アライメント系を用いて、前記他方の基板ステージに設けられた基準と前記マスクのマークとの第2位置関係が計測され、

前記第1及び第2位置関係と前記第2干渉計システムで計測される前記他方の基板ステージの位置とに基づいて、前記他方の基板ステージに保持されている感応基板上的のショット領域が順次露光される露光装置。

【請求項22】

前記基板ステージとの間で感応基板の交換動作を行う搬送手段を更に備え、

前記一方の基板ステージに保持された露光後の感応基板が、前記搬送手段を使って未露光の感応基板と交換されるとともに、前記他方の基板ステージに保持された感応基板の露光と並行して、前記一方の基板ステージに保持された未露光の感応基板上的のアライメントマークが前記第1アライメント系を使って検出される請求項21に記載の露光装置。

【請求項23】

前記第1干渉計システムの測長軸、および前記第2干渉計システムの測長軸がともに切れているときに、前記基板ステージの位置を計測する計測手段を更に含む請求項21又は22に記載の露光装置。

【請求項24】

前記計測手段は、光学式のエンコーダを含む請求項23に記載の露光装置。

【請求項25】

請求項12～24のいずれか一項に記載された露光装置を用いて感応基板を露光するリソグラフィ工程を含むデバイス製造方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0039

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0039】

上記各発明では、第1基板ステージと第2基板ステージの2つのみが設けられていたが、請求項11に記載の発明の如く、前記第1基板ステージ（WS1）及び第2基板ステージ（WS2）の他に、感応基板を保持して前記2つの基板ステージと同一平面内をこれらのステージとは独立に移動可能な少なくとも1つの別の基板ステージを更に設けても良い。

また本発明の別の態様によれば、感応基板（W）を露光する露光装置であって、干渉計

用の反射面を有する第1基板保持部材(W S 1 b)と；干渉計用の反射面を有する第2基板保持部材(W S 2 b)と；基板保持部材を脱着可能であり、一方の基板保持部材を保持した状態で二次元方向に移動可能な第1ステージ部(W S 2 a)と；基板保持部材を脱着可能であり、他方の基板保持部材を保持した状態で、第1ステージ部(W S 2 a)とは独立に、二次元方向に移動可能な第2ステージ部(W S 1 a)と；第1ステージ部(W S 2 a)に装着された基板保持部材の反射面を使って、第1ステージ部(W S 2 a)に装着された一方の基板保持部材の位置を計測する第1干渉計システム(2 6 X e, 2 6 Y e)と；第2ステージ部(W S 1 a)に装着された他方の基板保持部材の反射面を使って、第2ステージ部(W S 1 a)に装着された基板保持部材の位置を計測する第2干渉計システム(2 6 X a, 2 6 Y a)と；を備え、第1ステージ部(W S 2 a)に一方の基板保持部材(例えばW S 2 b)を装着した状態で、一方の基板保持部材(W S 2 b)に保持された感応基板の露光と並行して、第2ステージ部(W S 1 a)に他方の基板保持部材(W S 1 b)を装着した状態で、他方の基板保持部材(W S 1 b)に保持された感応基板のアライメント計測動作が実行され、第1ステージ部(W S 2 a)に一方の基板保持部材(W S 2 b)を装着した状態での露光、及び第2ステージ部(W S 1 a)に他方の基板保持部材(W S 1 b)を装着した状態でのアライメント計測動作が終了した後に、第2ステージ部(W S 1 a)に装着されていた他方の基板保持部材(W S 1 b)を第1ステージ部(W S 2 a)に装着して、他方の基板保持部材(W S 1 b)に保持された感応基板の露光が行われる露光装置が提供される。

これによれば、一方のステージ部の露光動作と他方のステージ部のアライメント計測動作とを並行処理することによって、スループットを向上させることができる。

また、本発明の別の態様によれば、マスク(R)に形成されたパターンを投影光学系(P L)を介して感応基板(W)上に露光する露光装置であって、ベース(1 2)と；干渉計用の反射面を有し、ベース(1 2)上で感応基板を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージ(W S 1)と；干渉計用の反射面を有し、感応基板を保持して、ベース(1 2)上で第1基板ステージ(W S 1)とは独立に2次元平面内を移動可能な第2基板ステージ(W S 2)と；感応基板上のアライメントマークを検出する第1アライメント系(W A)と；基板ステージに設けられた基準(F M 1, F M 2)とマスクのマークとの位置関係を投影光学系(P L)を介して計測する第2アライメント系(5 6 A, 5 6 B)と；第1アライメント系(W A)を用いたアライメント計測動作が行われている感応基板を保持している基板ステージ(W S 1又はW S 2)の位置を計測するための測長軸(X a, Y a)を有し、該測長軸(X a, Y a)が、アライメント計測動作終了後に基板ステージの反射面から外れてしまう第1干渉計システム(2 6 X a, 2 6 Y a)と；投影光学系(P L)を用いた露光動作が行われている感応基板を保持している基板ステージ(W S 1又はW S 2)の位置を計測するための測長軸(X e, Y e)を有し、該測長軸(X e, Y e)が、露光動作終了後に基板ステージの反射面から外れてしまう第2干渉計システム(2 6 X a, 2 6 Y a)と；を備え、2つの基板ステージのうちの一方の基板ステージ(例えばW S 2)に保持された感応基板の露光動作と並行して、他方の基板ステージ(W S 1)に保持された感応基板上のアライメントマークを第1アライメント系(W A)で検出することによって、他方の基板ステージ(W S 1)に保持された感応基板のショット領域と他方の基板ステージ(W S 1)に設けられた基準(F M 1)との第1位置関係が決定され、一方の基板ステージ(W S 2)に保持された感応基板の露光終了後に、他方の基板ステージ(W S 1)が投影光学系(P L)の像面側の所定位置に移動されるとともに、第2アライメント系(5 6 A, 5 6 B)を用いて、他方の基板ステージ(W S 1)に設けられた基準(F M 1)とマスク(R)のマークとの第2位置関係が計測され、第1及び第2位置関係と第2干渉計システム(2 6 X a, 2 6 Y a)で計測される他方の基板ステージ(W S 1)の位置とに基づいて、他方の基板ステージ(W S 1)に保持されている感応基板上のショット領域が順次露光される露光装置が提供される。

これによれば、一方の基板ステージの露光動作と他方の基板ステージのアライメント計測動作とを並行処理することによって、スループットを向上させることができる。